

물질의 입자적 성질에 대한 다중 표상 학습에서 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안으로서의 그리기와 쓰기

강훈식 · 김보경 · 노태희*

서울대학교

Drawing and Writing as Methods to Assist Students in Connecting and Integrating External Representations in Learning the Particulate Nature of Matter with Multiple Representations

Kang, Hunsik · Kim, Bokyoung · Noh, Taehee*

Seoul National University

Abstract: This study investigated the effects of drawing and writing as methods to assist students in connecting and integrating multiple external representations provided in learning the particulate nature of matter. Seventh graders (N=224) at a coed middle school were assigned to a control group, a drawing group, and a writing group. The students were taught about "Boyle's Law" and "Charles's Law" for two class periods. Students observed macroscopic phenomena through experiments. After this observation, students in the control group learned the topic with both external visual and verbal representations simultaneously. Students in the drawing group drew their mental model from the external verbal representation provided, and then compared their drawing with external visual representation. Students in the writing group wrote their mental model from the external visual representation provided, and then compared their writing to the external verbal representation. The two-way ANCOVA results revealed that the scores of a conception test for the writing group were significantly higher than those for the control group. While the drawing group performed better than the control group, the difference is relatively smaller. There were no significant interactions between the instruction and spatial visualization ability in the scores of the conception test. Most students perceived the writing or drawing activities helpful in understanding the concepts, and a few students responded that the writing or drawing activity was interesting. Educational implications were discussed.

Key words: multiple representation, drawing, writing, spatial visualization ability

I. 서 론

물질의 입자적 성질을 이해하는 것은 화학양론, 상변화, 화학변화 등 여러 화학 개념을 이해하는데 필수적이다(Williamson & Abraham, 1995). 그러나 입자는 감각 기관을 통해 확인하지 못하는 추상적인 개념인 반면, 학생들의 사고는 주로 감각 기관으로 받아들일 수 있는 정보에 의존하므로, 학생들이 물질의 입자적 성질을 이해하는데 어려움을 겪고 있다(Ardac & Akaygun, 2004). 이에 글, 그림, 궤도, 애니메이션, 분자 모형 등과 같은 다양한 외적 표상들을 제공함으로써

입자 수준에서의 화학 개념을 강조하는 교수법들이 제안되었다(Kozma & Russell, 1997; Noh & Scharmann, 1997; Williamson & Abraham, 1995). 여러 가지 외적 표상들은 각각 서로 다른 정보를 제공할 뿐만 아니라 서로 다른 인지 과정을 유도하므로, 이들을 함께 제공하는 것(다중 표상 학습)은 외적 표상을 단독으로 제공했을 때의 제한점을 보완해 줄 수 있다. 또한, 다중 표상을 활용하는 것은 특정한 외적 표상에 대한 잘못된 해석을 방지하므로 추상적인 개념을 심층적으로 이해할 수 있게 해준다(Ainsworth, 1999). 이에 최근에는 여러 교과 영역에서 다중 표상 학습의 필요성이 부각

*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)

**2005.6.2(접수) 2005.8.1(1심통과) 2005.8.3(최종통과)

***이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-041-B00488)

되고 있으며(Seufert, 2003), 물질의 입자적 성질이 강조되는 화학 개념 학습에서도 다중 표상 학습이 시도되고 있다(Ardac & Akaygun, 2004).

Mayer(2003)의 다중 표상 학습에 대한 인지 이론(cognitive theory of multimedia learning)에 의하면, 학생들은 감각 기관을 통해 받아들인 언어적/시각적 정보, 즉 외적 표상들로부터 필요한 정보를 선택(select)하고, 이를 각각 작동 기억내의 언어적/시각적 표상으로 조직화(organize)하여 사전 개념과 통합(integrate)하는 과정을 거치게 된다. 즉, 다중 표상 학습 과정에서 학생들은 이중의 정보 조직화와 전이가 이루어지고 나중에 서로 통합되는 정보 처리 과정을 거치게 된다. Ainsworth *et al.*(1998)은 이런 학습 과정으로 인해 학생들이 다중 표상을 제공받으면 각 외적 표상들의 구성 요소와 그 표상들이 제공하는 정보에 대해 배워야 하고, 외적 표상들의 관계를 이해해야 하며, 다양한 외적 표상들을 연계하고 통합해야 하는 문제에 직면하게 된다고 하였다. 이에 연구자들은 학생들이 이런 문제를 성공적으로 해결하지 못하면 다중 표상 학습이 효과적이지 않다고 주장하고 있으며, 실제로 많은 학생들이 이를 성공적으로 해결하지 못하는 것으로 보고되고 있다(de Jong *et al.*, 1998). 한 예로, 다중 표상 학습에서 많은 학생들이 외적 표상들 간의 연계와 통합을 어려워하였으며(Kozma & Russell, 1997), 다른 표상은 무시한 채 친숙하고 구체적인 하나의 표상만을 사용하는 경향이 있었다(Ainsworth, 1999). 따라서 다중 표상 학습이 효과를 거두기 위해서는 학생들이 효과적으로 다양한 외적 표상들을 연계하고, 이를 자신의 사전 개념과 통합할 수 있도록 도와주는 방안을 강구할 필요가 있다(Ainsworth, 1999; Seufert, 2003; Wu & Shah, 2004).

하나의 외적 표상을 다른 외적 표상의 형태로 바꾸어보는 활동은 여러 가지 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시킬 수 있다고 제안되고 있다(Ainsworth, 1999; Kozma & Russell, 1997; van Someren *et al.*, 1998). 따라서 언어적 정보를 제공하고 그 정보에 대한 정신 모형(mental model)을 그림으로 그리는 활동(이하 '그리기'로 칭함: Edens & Potter, 2003; Van Meter, 2001)과 시각적 정보를 제공하고 그 정보에 대한 정신 모형을 글로 쓰는 활동(이하 '쓰기'로 칭함: Ardac & Akaygun, 2004; Sinatra, 1981)은 언어적 정보와 시각적 정보들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안이 될 수 있다. 그리기를 통해 언어적 정보를 시각적으로 표현하는 것은 언어적 정보와 시각적 정보에 대한 연계와 통합을 촉진시키는 정교화 과정을 가능하

게 해준다(Edens & Potter, 2003). 이런 정교화 과정은 학생들이 정보를 회상하고 정보들 간의 관계를 쉽게 이해하도록 도와주며, 관련 개념을 독특하고 유의미한 방식으로 표상하도록 해주므로(Ritchie & Karge, 1996; Van Meter, 2001), 물질의 입자적 성질을 이해하는 데 도움이 될 수 있다. 쓰기도 학생들이 제공된 외적 표상들을 작동 기억 내의 내적 표상으로 조직화하고, 이를 자신의 사전 개념과 통합하는 과정을 도와줄 수 있다. 즉, 쓰기는 학생들이 외적 표상들 사이에 일치하지 않는 부분을 보다 쉽게 찾아내게 함으로써 이 표상들을 잘 연결짓게 해줄 수 있다(Ardac & Akaygun, 2004; Carter *et al.*, 1998). 뿐만 아니라 쓰기를 통해 학생들은 시각적 정보를 구체화하게 되고 그 의미를 명확하게 파악하게 되므로(Hand *et al.*, 2004; Sinatra, 1981), 시각적 정보에 대한 자신의 정신 모형을 발달시킬 수 있을 것이다.

이처럼 그리기와 쓰기는 다중 표상 학습에서 다양한 외적 표상들을 연계시키고, 이를 사전 개념과 통합하는 과정을 촉진시키는 효과적인 방안이 될 수 있다. 하지만 과학 영역의 다중 표상 학습에서 쓰기와 그리기의 효과를 알아본 연구는 매우 부족한 실정이다. 특히 과학 영역에서 쓰기의 효과를 체계적으로 알아본 연구는 거의 진행된 바 없으며, 그리기의 경우에도 물질의 입자적 성질이 강조되는 다중 표상 학습에서 그 효과를 체계적으로 알아본 연구는 찾아보기 어렵다(노태희 등, 2003). 또한, 지금까지 그리기와 쓰기의 효과를 비교한 연구는 보고된 바 없다.

한편, 다양한 외적 표상들을 통해 화학 개념을 학습할 때 학생들은 개념을 효과적으로 추론하기 위해 외적 표상들을 다른 외적 표상의 형태로 시각화하고 바꾸거나 내적으로 자신의 시각적 표상을 형성하는 과정을 거치게 되는데, 이 과정에서는 상당한 공간 시각화 능력(spatial visualization ability)이 요구된다(Wu & Shah, 2004). 한 예로, 공간 시각화 능력이 낮은 학생들은 높은 학생들에 비해 시각적 정보로부터 필요한 요소를 선별하고 조직화하는데 실패하는 경향이 더 높았다(Wu & Shah, 2004). 이 학생들은 외적 표상들을 이해하고 이 표상들의 의미를 관련지어 생각하는 능력이 부족하므로 화학 개념을 이해하는데 많은 어려움을 겪는 것으로 보고되기도 하였다. 즉, 학생들의 공간 시각화 능력은 그리기와 쓰기를 통해 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키고자 하는 다중 표상 학습의 성공 여부와 관련된 중요한 요인으로 작용할 수 있다.

이에 이 연구에서는 물질의 입자적 성질이 강조되는 화학 개념 학습에서 학생들에게 제공되는 다양한

외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안으로서의 그리기와 쓰기 교수 방법을 고안하고, 그 교수 효과를 조사·비교하였다. 또한 수업 처치와 공간 시각화 능력과의 상호작용 효과를 조사하여, 새로운 교수 방법의 교수 효과가 학생들의 공간 시각화 능력에 따라 달라지는지 알아보았다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

서울시에 소재한 남녀공학 중학교 1학년 224명을 대상으로 하였다. 1학기 중간고사 과학 성적이 유사한 6학급을 선정하여, 거시적인 현상을 시범 실험을 통해 관찰하게 한 후, 언어적 정보와 시각적 정보를 동시에 제공하여 학습하게 하는 통제 집단(Control group), 제공된 언어적 정보를 스스로 학습하고 이에 대한 학습자의 정신 모형을 입자 수준의 그림으로 그리게 한 후 시각적 정보를 제공하는 그리기 집단(Drawing group), 제공된 시각적 정보를 스스로 학습하고 이에 대한 학습자의 정신 모형을 입자 수준의 글로 쓰게 한 후 언어적 정보를 제공하는 쓰기 집단(Writing group)으로 배치하였다. 공간 시각화 능력 검사 점수의 중앙값(median)에 기초하여 학생들을 상위와 하위로 구분하였으며, 공간 시각화 능력에 따른 집단별 사례수는 Table 1과 같다.

Table 1
Subjects of the three groups by spatial visualization ability

	Control group	Drawing group	Writing group
High	39	30	40
Low	34	45	36
Total	73	75	76

2. 연구 절차

사전 검사로 공간 시각화 능력 검사를 실시한 후, 중학교 1학년 ‘분자의 운동’ 단원의 ‘보일의 법칙’과 ‘샤를의 법칙’에 대하여 각각 1차시, 총 2차시 동안 본 차시 수업을 실시하였다. 교사에게는 수업 시작 전에 학생들에게 수업 과정 및 방법에 대해 간단히 설명한 후, 활동지를 배부하게 하였다. 그리고 수업 처치가 계획대로 진행되는지 확인하기 위해 연구자 중 1인이 집단별로 첫 차시 수업을 참관하였다. 수업 처치가 끝난 후, 개념 이해도 검사를 실시하였고, 처치 집단(그리기와 쓰기 집단)에는 수업에 대한 인식 검사를 추가로 실시하였다.

3. 수업 과정

통제 집단과 처치 집단 모두 매 차시 교사가 시범 실험을 보여준 후 학생들에게 활동지를 작성하게 하였다. 통제 집단의 활동지는 학생들이 교사의 시범 실험을 통해 관찰한 현상(거시적 수준)을 입자 수준으로 표현한 글(언어적 정보)과 그림(시각적 정보)을 보면서 스스로 학습한 후, 학습 내용에 대한 간단한 객관식 질문에 답하도록 구성하였다. 그리기 집단의 활동지는 학생들이 관찰한 현상을 입자 수준으로 설명한 글을 스스로 읽으면서 학습한 후, 자신이 이해한 것을 입자 수준의 그림으로 그리도록 구성하였다. 쓰기 집단의 활동지는 학생들이 관찰한 현상을 입자 수준으로 표현한 그림을 보면서 스스로 학습한 후, 자신이 이해한 것을 입자 수준의 글로 쓰도록 구성하였다. 활동이 끝나면 교사는 학생들에게 각 활동에 대한 정답, 즉 통제 집단에는 객관식 질문에 대한 답을, 그리기 집단에는 그림을, 쓰기 집단에는 글을 TP로 제시하여 자신이 작성한 것과 비교하도록 하였다. 이어서 교사는 학생들의 활동과 유사한 방식으로 정답을 설명한 후, 학생들에게 각 집단에 해당하는 활동으로 적용 문제를 한번 더 해결하도록 하였다. 마지막으로 이 연구의 결과가 학습 활동에 의한 차이인지, 학생들의 노력 정도에 의한 차이인지 알아보기 위해 학생들에게 수업 활동에 들인 노력의 정도를 묻는 질문에 답하도록 하였다.

세 집단의 활동지의 어휘와 난이도, 수업 진행 방법과 시간의 적절성은 연구 대상이 아닌 다른 학교 학생들을 대상으로 실시한 2차례의 예비 연구를 통해 수정·보완하였다.

4. 검사 도구

개념 이해도 검사는 목표 개념을 입자 수준으로 이해한 정도를 측정하는 3분항으로 구성하였다. 모든 문항은 본 차시 수업에서 배운 내용을 다른 상황에 적용하는 문제 유형이며(Mayer, 2003), 거시적인 화학 현상을 제시한 후, 이를 입자 수준의 그림으로 표현하고 글로 설명하도록 하는 주관식 서술형으로 구성하였다. 개발된 검사는 과학 교육 전문가 2인과 과학 교사 2인으로부터 안면 타당도를 검증받았다. 그리고 검사 문항들의 어휘의 적절성과 난이도를 확인하기 위하여 활동지 및 수업 진행 방법에 대한 예비 연구를 실시하였던 학생들을 대상으로 예비 검사를 실시하였고, 그 결과를 토대로 검사를 수정·보완하였다. 수업 처치의 경험이 사후 검사에 미치는 영향을 최소화하기 위해, 개념 이해도 검사 직전에 교사가 모든 집단 학생들에게 입자 수준의 그림으로 표현하는 방법을 예시를

통해 자세히 설명해주었으며, 채점할 때에도 표현 방법의 미숙에 의한 영향을 고려하였다.

공간 시각화 능력 검사지는 입체 도형을 회전시켰을 때 예상되는 그림을 고르는 것과 같이 공간에서의 재구성 능력을 측정하는 공간 시각화 능력 검사(The Purdue Visualization of Rotations Test; Guay *et al.*, 1978)를 사용하였다. 이 검사지는 객관식 20문항으로 구성되어 있으며, 이 연구에서 구한 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 .72였다.

수업에 대한 인식 검사는 그리기 또는 쓰기가 학습하는데 도움이 된 점과 활동에서 어렵거나 고쳐져야 할 점에 대해 서술하도록 하는 문항으로 구성하였다. 수업 활동에 들인 노력 정도는 '여러분은 이번 시간에 주어진 활동을 제대로 수행하기 위해 얼마나 많은 노력을 들였습니까?'라는 질문에 대한 응답으로 측정하였다. 이 질문은 9단계 리커트 척도로 제시하였으며, 수업 시간 동안 들인 정신적 노력을 측정하는 검사 방법(Kester *et al.*, 2004)을 참고하였다.

5. 분석 방법

개념 이해도 검사는 각 문항마다 4개의 목표 개념을 설정하고 목표 개념과 오개념 개수에 따라 채점 기준을 완전한 이해는 4점, 부분적인 이해는 1~3점, 무응답 및 비과학적 이해는 0점으로 분류하여 분석하였다(Table 2). 분석의 신뢰도를 높이기 위해 3인의 분석자가 무작위로 선정한 답안지를 각각 채점하고 비교하는 과정을 반복하여 분석자간 일치도가 .95 이상이 된 후, 분석자 중 1인이 모든 답안지를 채점하였다.

통계 분석으로는 수업 처치를 독립 변인, 공간 시각화 능력을 구획 변인, 개념 검사 점수와 유의미한 상관관이 있는 중간고사 과학 성적($r=.31, p<.01$)을 공변인으로 하는 이원 공변량 분석(2-way ANCOVA)을 실시하였다. 수업 처치의 주효과가 있는 경우에는 사후 검증으로 LSD(Least Significant Difference) 검증을 실시하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 및 SAS 통계 프로그램을 사용하였다. 수업에 대한 인식 검사는 응답 빈도 및 백분율로 분석하였다.

Table 2

Scoring rubric of the conception test

	Number of target	Number of concept	Number of misconception	Scoring
Sound Understanding	4	0	0	4
Partial Understanding 3	4	1	0	3
	3	0	0	
Partial Understanding 2	4	2	0	2
	3	1	0	
	2	0	0	
Partial Understanding 1	4	3	0	1
	3	2	0	
	2	1	0	
No Understanding	Incorrect or unclear or irrelevant response			0
No response	Blank, I don't know, I don't understand			

III. 결과 및 논의

1. 개념 이해도에 미치는 효과

개념 이해도 검사 점수(12점 만점)의 평균과 표준편차, 교정 평균은 Table 3과 같다. 이원 공변량 분석 결과, 유의 수준 .05에서 수업 처치의 주효과($MS=11.77, F=1.78, p=.024$)가 있었다. 사후 검증 결과, 쓰기 집단의 교정 평균(8.16)이 통제 집단의 교정 평균(7.39)보다 유의미하게 높았으며($p<.05$), 그리기 집단의 교정 평균(7.88)은 통제 집단의 교정 평균보다 통계적으로 높은 경향성이 있었다($p=.098$). 그러나 쓰기 집단과 그리기 집단의 교정 평균 사이에는 유의미한 차이가 없었다. 수업 처치와 공간 시각화 능력 사이의 상호작용 효과($MS=1.95, F=.63, p=.535$)도 없었다. 수업 활동에 들인 노력 정도(9점 만점)에서는 통제 집단의 평균이 6.54, 그리기 집단의 평균이 6.69, 쓰기 집단의 평균이 6.36이었으며, 일원 변량 분석 결과 집단간 평균 차이가 유의미하지 않았다($MS=2.13, F=1.07, p=.345$). 이런 점에 비추어 볼 때, 이 결과는 학생들이 수업 활동에 들인 노력 정도의 차이가 아닌 학습 활동

Table 3

Means, standard deviations, and adjusted means of the scores of the conception test

	Control group (n=73)		Drawing group (n=75)		Writing group (n=76)	
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
High	8.07(1.60)	7.85	8.23(2.19)	8.08	8.45(1.87)	8.38
Low	6.76(1.93)	6.89	7.60(1.63)	7.74	7.81(1.79)	7.91
Total	7.43(1.89)	7.39	7.85(1.89)	7.88	8.15(1.85)	8.16

자체에 의한 차이라고 생각할 수 있다.

쓰기 집단의 개념 이해도 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높게 나온 결과는 학생들에게 거시적 현상을 입자 수준으로 나타낸 시각적 정보에 대해 이해한 바를 자신의 글로 표현하게 하고, 이를 언어적 정보(정답 글)와 비교하게 하는 활동이 시각적 정보와 언어적 정보를 동시에 제공하여 학습하게 하는 활동보다 더 효과적으로 두 정보를 연계·통합시켜 준다는 것을 의미한다고 할 수 있다(Ardac & Akaygun, 2004; Hand et al., 2004).

그리기 집단의 개념 이해도 점수가 통제 집단보다 통계적으로 높은 경향성이 있었던 결과는 그리기 또한 언어적 정보와 시각적 정보를 효과적으로 연계시키고 통합시키는 방법이 될 수 있음을 시사한다. 즉, 입자적 수준에서 진술된 언어적 정보를 그리기를 통해 시각적으로 표현하게 하는 것은 언어적 정보에 대한 자신의 사전 개념을 알게 하는 것과 같은 반성적 사고를 가능하게 해주어 보다 효과적으로 언어적 정보와 시각적 정보를 연계시키고 이를 자신의 사전 개념과 통합시켜 준다고 해석할 수 있다(Edens & Potter, 2003; Van Meter, 2001). 그러나 그리기 집단과 통제 집단의 교정 평균 차이가 유의미하지는 않았으므로, 이 해석이 의

미를 지니기 위해서는 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

반면, 쓰기 집단이나 그리기 집단의 학생들과는 달리 통제 집단 학생들에게는 언어적 정보와 시각적 정보를 연계·통합하는 것이 인지적 부담으로 작용하여, 이 학생들이 두 정보를 잘 연계·통합하지 못한 것으로 보인다(Wu et al., 2001). 한편, Paivio(1986)의 이중 부호화 이론에 의하면, 시각적 정보가 작동 기억 내의 시각적 체계와 언어적 체계로 통합되어 처리되는 정도가 언어적 정보보다 더 크다고 한다. 이런 점에서 시각적 정보를 바탕으로 진행되는 쓰기가 언어적 정보를 바탕으로 진행되는 그리기보다 물질의 입자적 성질이 강조되는 화학 개념 학습에 효과적인 것이라 예상되나, 실제 결과에서는 두 활동 간에 유의미한 차이가 없었다.

2. 수업에 대한 인식 검사 결과

수업에 대한 인식 검사 결과는 Table 4와 같다. 그리기 집단에서는 대부분의 학생들이 ‘그리기를 통해 이해가 잘 되었다’고 응답(상위 90.0%, 하위 62.2%)하였으며, ‘그리기를 통해 학습한 내용을 더 잘 기억할 수 있었다’고 응답한 학생들(하위 4.4%)도 있었다. 이

Table 4
Students' perceptions of drawing/writing by spatial visualization ability

	Response	N ¹ (%)		
		High	Low	Total
Drawing	Positive			
	I could easily understand the concepts.	27(90.0)	28(62.2)	55(73.3)
	I could memorize better about learning contents.	-	2(4.4)	2(2.7)
	Drawing was interesting.	2(6.7)	10(22.2)	12(16.0)
	Negative			
	I had a difficulty in drawing.	1(3.3)	5(11.1)	6(8.0)
I could not understand verbal informations well.	5(16.7)	1(2.2)	6(8.0)	
I could not understand a molecular motion velocity and a collision frequency well.	-	1(2.2)	1(1.3)	
Drawing was boring.	-	1(2.2)	1(1.3)	
Drawing bothered me.	1(3.3)	-	1(1.3)	
Writing	Positive			
	I could easily understand the concepts.	32(80.0)	29(80.6)	61(80.3)
	Writing was interesting.	2(5.0)	1(2.8)	3(3.9)
	Writing increased my writing ability.	1(2.5)	-	1(1.3)
	Negative			
	I had a difficulty in writing what I thought.	3(7.5)	8(22.2)	11(14.5)
I could not understand a molecular motion velocity and a collision frequency well.	1(2.5)	2(5.6)	3(3.9)	
I could not understand verbal informations well.	1(2.5)	1(2.8)	2(2.6)	

¹ The number of answer is above or below the number of subjects in each group because some participants responded two or no response.

는 공간 시각화 능력에 관계없이 언어적 정보에 대한 정신 모형을 시각적으로 표현하는 활동이 언어적 정보와 시각적 정보간의 연계 및 사전 개념과의 통합을 쉽게 해준다는 이 연구의 주장을 뒷받침해준다고 할 수 있다. 또한 ‘그리기가 재미있었다’고 응답한 학생들(상위 6.7%, 하위 22.2%)도 적지 않았다. 단점이나 개선해야 할 점으로는 ‘그리기가 어렵다(상위 3.3%, 하위 11.1%)’, ‘언어적 정보를 이해할 수 없었다(상위 16.7%, 하위 2.2%)’는 응답이 있었다.

그리기 집단에서와 마찬가지로 쓰기 집단에서도 학생들의 대다수가 ‘쓰기를 통해 이해가 더 잘 되었다’고 응답(상위 80.0%, 하위 80.6%)하였다. 이는 시각적 정보에 대해 이해한 바를 글로 표현하는 과정이 시각적 정보와 언어적 정보의 연계를 보다 쉽게 해준다는 이 연구의 주장을 뒷받침해준다고 할 수 있다. 또한 ‘쓰기가 재미있었다’고 응답한 학생들(상위 5.0%, 하위 2.8%)도 있었다. 단점에 대해서는 대부분의 학생들이 특별히 어렵거나 고칠 점이 없다고 응답하였으나, 일부 학생들은 ‘생각한 것을 글로 표현하는 것이 쉽지 않았다(상위 7.5%, 하위 22.2%)’, ‘운동 속도나 충돌 횟수와 같은 분자의 운동 측면을 이해하기가 어려웠다(상위 2.5%, 하위 5.6%)’고 응답하기도 하였다.

그리기와 쓰기, 특히 쓰기를 어렵다고 한 학생들 중 상당수가 공간 시각화 능력이 낮은 학생들이었다. 이는 공간 시각화 능력이 낮은 학생들이 높은 학생들에 비해 시각적 정보로부터 필요한 요소를 선별하고 조직화하는데 더 많은 어려움을 겪기 때문인 것으로 해석할 수 있다(Wu & Shah, 2004). 또한, 공간 시각화 능력이 낮은 학생들 중 그리기가 재미있었다고 응답한 학생수가 쓰기가 재미있었다고 응답한 학생수보다 더 많았던 것으로 보아, 그리기가 쓰기보다 공간 시각화 능력이 부족한 학생들의 정의적 측면에 더 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 생각된다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 물질의 입자적 성질이 강조되는 화학 개념 학습에서 학생들에게 제공되는 다양한 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안으로서의 그리기와 쓰기 교수 방법을 고안하였다. 그리고 그 교수 효과를 개념 이해도와 수업에 대한 인식 측면에서 조사하였으며, 학생들의 공간 시각화 능력에 따른 상호작용 효과도 조사하였다.

연구 결과, 공간 시각화 능력에 관계없이 보일·샤를의 법칙을 입자 수준으로 나타낸 그림(시각적 정보)

을 보고 이에 대한 정신 모형을 글로 쓰는 활동이 언어적/시각적 정보를 동시에 제공하여 학습하게 하는 활동보다 물질의 입자적 성질이 강조되는 화학 개념 이해에 효과적인 것으로 나타났다. 특정 개념과 관련된 언어적 정보에 대한 정신 모형을 입자 그림으로 그리는 활동도 통제 집단의 활동보다 개념 이해도 점수에서 통계적으로 높은 경향성을 보였다. 또한, 수업에 대한 인식 검사에서도 많은 학생들이 쓰기와 그리기 활동을 통해 개념이 더 잘 이해되었다고 응답하였다. 학생들은 시각적 정보에 대한 정신 모형을 글로 쓰는 활동과 언어적 정보에 대한 정신 모형을 그림으로 그리는 활동을 통해 제공된 정보에 대한 자신의 정신 모형에 대해 반성적으로 사고함으로써 생각을 구체화할 수 있다. 따라서 학생들은 쓰기와 그리기를 통해 보다 효과적으로 시각적 정보와 언어적 정보를 연계시키고, 이를 자신의 사전 개념과 통합시켜 입자의 보존, 분포, 운동 등과 같은 화학 개념을 잘 이해한 것으로 보인다.

그리기와 쓰기의 효과에서는 차이가 없었는데, 이는 그리기와 쓰기 활동 중 어느 활동이 더 효과적이라기 보다는 오히려 두 활동 모두 외적 표상들 간의 연계 및 사전 개념과의 통합을 촉진한다는 것을 의미한다고 할 수 있다. 이런 점에 비추어 이 연구의 결과는 다중 표상을 활용하는 학습에 많은 시사점을 제공해 줄 것이라 기대한다. 예를 들어, 제7차 과학 교과서에는 다양한 시각적 정보와 언어적 정보가 제시되어 있으나 이에 대한 구체적인 활용 방법에 대해서는 제시된 바 없다. 따라서 교과서에 제시된 시각적 정보에 대해 이해한 바를 글로 써보는 활동이나 언어적 정보에 대해 이해한 바를 그림으로 그려보도록 하는 활동을 향후 수업 활동이나 교과서와 같은 과학 교수-학습 자료 개발에 반영할 수 있을 것이라 기대된다. 또한, 수업 인식 검사에서 일부 학생들이 쓰기와 그리기가 재미있다고 응답했다는 점을 고려할 때, 쓰기와 그리기는 인지적 측면뿐만 아니라 정의적 측면에서도 긍정적인 영향을 미친다고 생각할 수 있다. 따라서 쓰기와 그리기를 통해 과학 학습에 대한 학생들의 흥미를 유발하고, 학생들이 수업에 적극적으로 참여할 수 있는 환경을 조성해줄 수 있을 것이다.

그러나 비록 소수이기는 하나 일부 학생들, 특히 공간 시각화 능력이 낮은 학생들이 ‘그리기와 쓰기가 어렵다’, ‘분자의 운동 측면을 이해하기 어렵다’고 응답했다. 보일·샤를의 법칙은 분자의 운동이 강조되므로 학생들이 정지된 입자 그림을 통해 분자의 움직임을 추론하고 이해하는데 한계가 있다. 공간 정보를 주로 표현하는 정화상과 달리 물체의 운동과 운동하는 물체

가 그리는 케적도 함께 보여줄 수 있는 동화상은 정보를 좀 더 구체적이고 정확하게 묘사할 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 다중 표상 학습에 적용되는 그리기와 쓰기 전략에서 정화상 대신 동화상을 제공하는 방법을 고려해볼 수 있다.

한편, 기대와는 달리 공간 시각화 능력은 그리기와 쓰기의 교수 효과에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 공간 시각화 능력에 따라 그리기와 쓰기의 교수 효과가 다르지 않았다. 따라서 그리기와 쓰기의 교수 효과에 영향을 줄 것으로 기대되는 다른 변인, 예를 들어, 장의존·장독립성(Wu & Shah, 2004)이나 사전 지식(Ainsworth, 1999)과 같은 학습자 특성을 고려하여 그리기와 쓰기의 효과를 계속적으로 알아볼 필요가 있다.

국문 요약

이 연구에서는 물질의 입자적 성질이 강조되는 화학 개념 학습에서 학생들에게 제공되는 다양한 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방법으로서의 그리기와 쓰기의 효과에 대해 알아보았다. 남녀공학 중학교 1학년 224명을 통제 집단, 그리기 집단, 쓰기 집단으로 배치한 후, '보일의 법칙'과 '샤를의 법칙'에 대하여 2차시 동안 수업을 하였다. 세 집단 모두 거시적인 현상을 실험을 통해 관찰하게 한 후, 통제 집단에서는 시각적 정보와 언어적 정보를 동시에 제공하여 학습하게 하였고, 그리기 집단에서는 제공된 언어적 정보에 대한 정신 모형을 그림으로 그리게 한 후, 이를 시각적 정보와 비교하게 하였으며, 쓰기 집단에서는 시각적 정보에 대한 정신 모형을 글로 쓰게 한 후, 이를 언어적 정보와 비교하게 하였다. 이원 공변량 분석 결과, 쓰기 집단의 개념 이해도 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높았으며, 그리기 집단은 통제 집단보다 통계적으로 높은 경향성을 보였다. 개념 이해도 점수에서 수업 처치와 공간 시각화 능력 사이의 상호작용 효과는 없었다. 학생들의 수업 인식 검사 결과에서는 대부분의 학생들이 쓰기와 그리기 활동을 통해 개념 이해가 잘 되었다고 응답하였으며, 일부 학생들은 쓰기와 그리기가 재미있었다고 응답하기도 하였다. 이에 대한 교육학적 함의를 논의하였다.

참고 문헌

노태희, 유지연, 한재영 (2003). 분자 수준에서의 그림 그리기를 활용한 수업 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 23(6), 609-616.

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2-3), 131-152.

Ainsworth, S. E., Bibby, P. A., & Wood, D. J. (1998). Analysing the costs and benefits of multi-representational learning environments. In M. W. van Someren, P. Reimann, H. P. A. Boshuizen, & T. de Jong (Eds.), *Learning with Multiple Representations* (pp. 120-134). Oxford: Elsevier.

Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.

Carter, P. A., Holland, S. M., Mladic, S. L., Sarbiewski, G. M., & Sebastian, D. M. (1998). Improving student writing skills using wordless picture books. Action Research Project, Saint Xavier University and IRI/Skylight. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 423525)

De Jong, T., Ainsworth, S., Dobson, M., van der Hulst, A., Levonen, J., Reimann, P., Sime, J.-A., van Someren, M. W., Spada, H., & Swaak, J. (1998). Acquiring knowledge in science and mathematics: The use of multiple representations in technology-based learning environments. In M. W. van Someren, P. Reimann, H. P. A. Boshuizen, & T. de Jong (Eds.), *Learning with Multiple Representations* (pp. 9-40). Oxford: Elsevier.

Edens, K. M., & Potter, E. F. (2003). Using descriptive drawings as a conceptual change strategy in elementary science. *School Science and Mathematics*, 103(3), 135-144.

Guay, R., McDaniel, E., & Angelo, S. (1978). Analytical factor confounding spatial ability measurement. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Toronto, Ontario, Canada.

Hand, B., Wallace, C. W., & Yang, E.-M. (2004). Using a science writing heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131-149.

Kester, L., Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Information presentation and troubleshooting in electrical circuits. *International Journal of Science Education*, 26(2), 239-256.

Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research on Science Teaching*, 34(9), 949-968.

Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods

across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.

Noh, T., & Scharmann, L. C. (1997). Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 199-217.

Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.

Ritchie, D., & Karge, B. D. (1996). Making information memorable: Enhanced knowledge retention and recall through the elaboration process. *Preventing School Failure*, 41(1), 28-33.

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13(2), 227-237.

Sinatra, R. (1981). Using visuals to help the second language learner. *Reading Teacher*, 34(5), 539-546.

Van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 129-140.

Van Someren, M. W., Reimann, P., Boshuizen, H. P. A., & de Jong, T. (1998). *Learning with Multiple Representations*. Oxford: Elsevier.

Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.

Wu, H-K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.

Wu, H-K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492.